



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

01106600.8

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

Anmeldung Nr:  
Application no.: 01106600.8  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 15.03.01  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München  
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage sowie Dampfkraftanlage

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

/00.00.00/

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

F01K/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

15. März 2001

## Beschreibung

Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage sowie Dampfkraftanlage

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage, wobei in einem Kessel erzeugter Dampf nach dem Durchströmen wenigstens einer Turbine in einem Kondensator niedergeschlagen wird; das gewonnene Kondensat vorgewärmt und dem Kessel als Speisewasser wieder zugeführt wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Dampfkraftanlage zur Durchführung des Verfahrens.

15 Eine Dampfkraftanlage wird üblicherweise zur Erzeugung elektrischer Energie oder auch zum Antrieb einer Arbeitsmaschine eingesetzt. Dabei wird ein in einem Verdampferkreislauf der Dampfkraftanlage geführtes Arbeitsmedium, üblicherweise ein Wasser-Wasser/Dampfgemisch, in einem Verdampfer oder Dampferzeuger (Kessel) verdampft. Der dabei erzeugte Dampf entspannt sich arbeitsleistend in einer Dampfturbine und wird anschließend einem Kondensator zugeführt. Das im Kondensator kondensierte Arbeitsmedium wird dann über eine Pumpe erneut dem Kessel zur Dampferzeugung zugeführt.

25 Bei einem derartigen allgemein bekannten Dampfkraftwerk wird mittels Teildampf-Massenströmen aus der Turbinendampfmenge das als Speisewasser eingesetzte Kondensat sukzessive bis nahe der Siedetemperatur vorgewärmt, wodurch der thermodynamische Wirkungsgrad des gesamten Prozesses steigt. Durch die Dampfantnahme aus der Turbinendampfmenge können die nachfolgenden Dampfturbinenstufen allerdings dem Dampffluid weniger Leistung entnehmen.

35 Aus der EP-A2-1 055 801 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Dampfkraftwerkes bekannt, bei dem mittels Teildampf-Massenströmen aus der Turbinendampfmenge das als Speisewasser eingesetzte Kondensat bis nahe der Siedetemperatur vorgewärmt

wird. Zur Vermeidung des Absinkens der Leistungsentnahme bei den nachfolgenden Dampfturbinenstufen ist vorgesehen, dass zur Vorwärmung des Kondensats die Abwärme aus Brennstoffzellen verwendet wird. Durch die Vorwärmung des Speisewassers aus der Abwärme der Brennstoffzellen und der damit verbundenen Erhöhung der an der Expansion teilnehmenden Menge, wird eine Steigerung des Dampfprozesswirkungsgrades erreicht. Durch die in die Vorwärmstrecke der EP-A2-1 055 801 eingebundene Brennstoffzellenanordnung ist eine konstruktiv und kostenmäßig relativ aufwendige Vorwärmung durch die externe Wärmezufuhr über die Brennstoffzellen erzielt.

Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, bei der eine Vorwärmung des dem Kessel zuzuführenden Kesselspeisewassers bei gleichzeitiger Leistungserhöhung der Turbine erzielbar ist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Dampfkraftanlage anzugeben, mit der ein derartiges Betriebsverfahren durchführbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage gelöst, wobei in einem Kessel erzeugter Dampf nach dem Durchströmen wenigstens einer Turbine in einem Kondensator niedergeschlagen wird, das gewonnene Kondensat vorgewärmt und dem Kessel als Kesselspeisewasser wieder zugeführt wird, wobei zur Kondensatvorwärmung das Kondensat in einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufgeteilt, lediglich der erste Teilstrom vorgewärmt, und der zweite Teilstrom dem vorgewärmten ersten Teilstrom wieder zugemischt wird.

30

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass zur Leistungserhöhung einer in eine Dampfkraftanlage geschalteten Turbine der Dampfmassenstrom durch die Turbine einerseits und andererseits die Vorwärmtemperatur des dem Kessel zugeführten Kesselspeisewassers zu berücksichtigen ist. Beide Prozessgrößen sind miteinander gekoppelt durch die üblicherweise in Dampfkraftanlagen durchgeführte Anzapfung der Turbine, wobei

35

ein Teildampf-Massenstrom zur Vorwärmung des gewonnenen Kondensats dem Dampfturbinenprozess entnommen wird. Diese Dampfen-  
 entnahme geht auf Kosten der Leistung der Turbine, insbesondere auf den Gesamtwirkungsgrad der Dampfkraftanlage. Das im  
 5 Kondensator gewonnene Kondensat wird in den bekannten Anlagen vollständig mittels Anzapfdampf vorgewärmt, und dabei auf eine möglichst hohe Temperatur nahe der Siedetemperatur vorgewärmt, bevor es als Kesselspeisewasser dem Kessel zugeführt wird. Durch diese starre Kopplung der Kondensatvorwärmung mit  
 10 der Dampfenentnahme ist die Leistung der Turbine bei konstantem Frischdampfdruck festgelegt.

Mit der Erfindung wird nun ein völlig anderer Weg aufgezeigt, mit dem im Bedarfsfall eine Leistungserhöhung der Turbine einer Dampfkraftanlage erreicht wird, in dem die Vorwärmtemperatur je nach Bedarf durch Mischung von Teilströmen von Kondensat flexibel eingestellt wird. Dazu wird der Kondensatstrom in einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufgeteilt, wobei lediglich der erste Teilstrom vorgewärmt,  
 15 und der zweite Teilstrom dem vorgewärmten ersten Teilstrom wieder zugemischt wird. Der Begriff Teilstrom ist hier als echter Teilstrom des in dem Kondensator niedergeschlagenen Kondensats aufzufassen. Durch die Mischung des ersten, vorgewärmten Kondensatstroms mit dem zweiten, nicht vorgewärmten  
 20 Kondensatstrom ist gegenüber einer Vorwärmung des gesamten Kondensats eine Mischungstemperatur erzielbar, die kleiner ist als die Temperatur des vorgewärmten ersten Teilstroms von Kondensats vor der Mischung mit dem zweiten Teilstrom. Durch Einstellung der Teilströme ist die Mischungstemperatur vor-  
 25 teilhafterweise flexibel einstellbar.  
 30

Von besonderem Vorteil ist die Tatsache, dass durch Vorwärmung lediglich eines Teilstroms eine geringere Wärmemenge zur Vorwärmung des ersten Teilstroms gegenüber der Vorwärmung des  
 35 gesamten Kondensats in den bekannten Anlagen benötigt wird. Somit steht zur Leistungserhöhung der Turbine Prozesswärme in Form eines höheren Dampf-Massenstromes durch die Turbine zur

Verfügung. Mit dem Verfahren wird erstmals die Möglichkeit der bedarfsweisen, erforderlichenfalls häufigen Leistungserhöhung der Turbine bis zur Kesselreserve (nicht Sekundenreserve) einer Dampfkraftanlage durch teilweise und gezielte  
5 Umföhrung des zweiten Teilstroms von Kondensat von der Vorwärmung, ohne den Frischdampfdruck über den Auslegungswert anheben zu müssen.

Vorteilhafterweise ist je nach Leistungsbedarf der erste  
10 Teilstrom und der zweite Teilstrom bei der Aufteilung flexibel einstellbar, wodurch entsprechend mehr oder weniger Prozessdampf in der Turbine zur Verrichtung von Arbeit verfügbar ist.

15 Von weiterem Vorteil ist die Tatsache, dass mit der vorgestellten Lösung es erstmals möglich wird, durch eine Teildurchströmung der Vorwärmstrecke eine Leistungserhöhung zu erreichen, ohne dass die Lebensdauer der Komponenten, insbesondere der Vorwärmeinrichtungen der Dampfturbinenanlage,  
20 eingeschränkt wird. Dabei stellt sich insbesondere ein deutlich effizienterer Wärmeverbrauch ein als bei einer Totalumföhrung der Vorwärmstrecke, bei der zumindest zeitweise überhaupt kein Kondensat vorgewärmt wird, d.h. der erste Teilstrom 0 beträgt. Dies ist beispielsweise für Hochdruckvorwärmer oder ähnliches von Bedeutung.  
25

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung wird der erste Teilstrom mit Anzapfdampf aus der Turbine vorgewärmt. Durch die Vorwärmung lediglich des ersten Teilstroms mit Anzapfdampf aus der Turbine ist sichergestellt, dass nur eine gegenüber der herkömmlichen Anzapfung entsprechend geringere  
30 Menge an Anzapfdampf zur Vorwärmung benötigt wird. Somit steht mehr Prozessdampf in der Dampfturbine unmittelbar zur Leistungserhöhung der Turbine zur Verfügung. Vorteilhafterweise korreliert dabei der Kondensat-Massenstrom des ersten  
35 Teilstroms mit dem Anzapfdampf-Massenstrom direkt, sodass je größer der erste Teilstrom ist desto größer die Menge an be-

nötigtem Anzapfdampf, um eine Vorwärmung des ersten Teilstroms auf eine gewünschte Temperatur zu erzielen. Durch geeignete Kopplung des Anzapf-Dampfstroms mit dem ersten Teilstrom stellt sich der Bedarf an Anzapfdampf von selbst ein.

5. Durch diesen Selbstregelungseffekt ist das Verfahren besonders kostengünstig und flexibel zum Betrieb der Dampfkraftanlage, insbesondere zur Leistungserhöhung der Turbine, angepasst.
- 10 In einer bevorzugten Ausgestaltung wird der erste Teilstrom in mindestens zwei Stufen vorgewärmt. Durch die Vorwärmung des ersten Teilstroms von Kondensat in mehreren Stufen ist eine gewünschte Temperatur des ersten Teilstroms nach der Vorwärmung genau einstellbar. Je nach Bedarf können alle Vorwärmstufen oder nur ein Teil der Vorwärmstufen zur Vorwärmung des ersten Teilstroms vorgesehen sein. Auf diese Weise ergibt sich vorteilhafterweise die Möglichkeit einzelne Stufen der Vorwärmung auszulasten und dadurch weitere Prozesswärme für den Turbinenprozess verfügbar zu haben. Die präzise Einstellung einer gewünschten Temperatur des ersten Teilstroms nach der Vorwärmung und vor der Mischung mit dem zweiten Teilstrom ermöglicht zudem eine genaue Einstellung der Mischungstemperatur bei der Mischung der Teilströme, so dass die Vorwärmtemperatur des Kesselspeisewassers entsprechend genau einstellbar ist. In einer alternativen Ausgestaltung ist die Vorwärmung des ersten Teilstrangs auch in nur einer Stufe, insbesondere in genau einer Stufe möglich.

- Bevorzugt wird bei der Mischung der Teilströme eine Vorwärmtemperatur des Kesselspeisewassers von 210 °C bis 250 °C, insbesondere von 220 °C bis 240 °C, eingestellt. Der Druck des Kesselspeisewassers beträgt dabei typischerweise etwa 300 bar. Gegenüber der Temperatur des vorgewärmten ersten Teilstroms ist durch die Mischung mit dem zweiten, nicht vorgewärmten Teilstrom die Vorwärmtemperatur des Kesselspeisewassers etwa um 30 °C bis 70 °C abgesenkt.

In einer bevorzugten Ausgestaltung werden der erste Teilstrom und der zweite Teilstrom im Verhältnis 0,4 bis 0,8, insbesondere im Verhältnis 0,6 bis 0,7 aufgeteilt. Beispielsweise wird in einem typischen Betriebsmodus der Dampfkraftanlage gemäß dem Verfahren der Erfindung das in dem Kondensator gewonnene Kondensat derart aufgeteilt, dass der erste Teilstrom von Kondensat etwa 60 % und der zweite Teilstrom von Kondensat etwa 40 % beträgt. Der erste Teilstrom wird dabei von einer Temperatur von ca. 200 °C auf eine Temperatur von etwa 280 °C vorgewärmt, während der zweite Teilstrom nicht vorgewärmt und mithin auf einer Temperatur von 200 °C bis vor der Mischung mit dem ersten Teilstrom verbleibt. Der Druck der Kondensatströme bleibt dabei weitgehend unverändert bei etwa 300 bar.

Vorteilhafterweise ist durch die dosierte Umführung des zweiten Teilstroms um die Vorwärmstrecke und die Mischung der beiden Teilströme nach der Vorwärmung des ersten Teilstroms die Vorwärmtemperatur des dem Kessel zuzuführenden Speisewassers bedarfsweise einstellbar. Hierbei wird bevorzugt die Aufteilung der Teilströme gesteuert oder geregelt durchgeführt.

Weiter bevorzugt wird nach der Mischung der Teilströme das Gemisch als Kesselspeisewasser einem fossil befeuerten Dampferzeuger zugeführt. Das Verfahren der Erfindung ist insbesondere für die Anwendung in Dampfkraftanlagen vorgesehen, die einen Kessel aufweisen, der mit einem fossilen Brennstoff, beispielsweise Kohle oder Öl, befeuert ist.

Die auf eine Dampfkraftanlage gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Dampfkraftanlage zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens, umfassend einen Kessel zur Erzeugung von Dampf, wenigstens eine Turbine, einen der Turbine abdampfseitig nachgeschalteten Kondensator, eine Kondensatleitung zur Rückführung des Kondensats zum Kessel und eine in die Kondensatleitung geschaltete Vorwärmeinrich-



tung zum Vorwärmen von Kondensat, wobei eine die Vorwärmeinrichtung umführende Bypassleitung vorgesehen ist, so dass die Vorwärmeinrichtung lediglich mit einem ersten Teilstrom des Kondensats beaufschlagbar ist.

5

Durch das Vorsehen einer Bypassleitung, die die Vorwärmeinrichtung umführt, ist sichergestellt, dass die Vorwärmeinrichtung lediglich mit dem ersten Teilstrom von Kondensat beaufschlagt ist, während ein zweiter Teilstrom die Bypasslei-

10 tung ohne Vorwärmung durchströmt. Unter Bypassleitung wird hierbei verstanden, dass diese parallel zu der Vorwärmeinrichtung geführt ist, wobei die Bypassleitung stromaufwärts von der Vorwärmeinrichtung von der Kondensatleitung abzweigt und stromab von der Vorwärmeinrichtung wieder an die Kondensatleitung angeschlossen ist. Stromaufwärts der Vorwärmein-

15 richtung ist hierzu eine Abzweigstelle vorgesehen, während stromabwärts der Vorwärmeinrichtung eine Mischstelle angeordnet ist. Das Kondensat aus dem Kondensator ist an der Zweigstelle in den ersten Teilstrom und einen dazu bezogen auf den

20 Gesamt-Kondensatstrom komplementären zweiten Teilstrom aufteilbar. Der erste Kondensatstrom ist bezogen auf die Strömungsrichtung des Kondensats nach der Zweigstelle in der Kondensatleitung geführt, in welche die Vorwärmeinrichtung zur Vorwärmung des ersten Kondensatstroms geschaltet ist. Der

25 zweite Kondensatstrom und der vorgewärmte erste Kondensatstrom sind an der Mischstelle, d.h. an der stromabwärtig angeordneten Anschlussstelle der Bypassleitung an die Kondensatleitung, mischbar, wobei eine Mischungstemperatur je nach Massenstrom des ersten und des zweiten Teilstroms von Kondensat sowie je nach Wärmeaufnahme des ersten Kondensatstroms in

30 der Vorwärmeinrichtung einstellbar.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist die Vorwärmeinrichtung über eine Anzapfleitung mit der Turbine verbunden. Dadurch ist eine direkte Kopplung von Anzapfdampf als

35 Vorwärmmedium im Wärmetausch mit dem ersten Teilstrom von Kondensat in der Vorwärmeinrichtung der Dampfkraftanlage er-

reicht. Die zur Vorwärmung benötigte Wärmeenergie ist über den Anzapfdampf-Massenstrom direkt einstellbar, wobei der Anzapfdampf-Massenstrom sich selbstregulierend von der Größe des Massenstroms des ersten Teilstroms abhängt. Je größer der erste Teilstrom desto größer der Wärmebedarf in der Vorwärm-  
5 einrichtung und damit auch die Menge von Anzapfdampf, welcher der Turbine entnommen wird.

Vorzugsweise weist die Bypassleitung ein Regelventil zur Regelung eines die Vorwärmeinrichtung umführenden zweiten Teilstroms des Kondensats auf. Das Regelventil dient zur Regelung oder auch zu einer Voreinstellung des zweiten Teilstroms, welche nicht die Vorwärmeinrichtung durchströmt und daher nicht zu einer Entnahme von Anzapfdampf führt. Über das Regelventil in der Bypassleitung ist der zweite Teilstrom prä-  
15 zise einstellbar und daher auch die Wärmemenge die zur Vorwärmung des zum ersten Teilstroms komplementären zweiten Teilstroms in der Vorwärmeinrichtung benötigt wird. Weiterhin ist vorteilhafterweise die Mischungstemperatur die sich bei  
20 der Mischung der Teilströme an der Mischstelle in der Kondensatleitung einstellt mit dem Regelventil regelbar. Dadurch ist je nach dem Bedarf um den die Leistung der Dampfturbine zu erhöhen ist, die Menge des zweiten, die Vorwärmeinrichtung umführenden Teilstroms in der Bypassleitung einstellbar, ins-  
25 besondere in einem entsprechenden Regelkreis regelbar.

Bevorzugt mündet die Bypassleitung stromab der Vorwärmeinrichtung in die Kondensatleitung. Die Einmündung ist dabei zugleich die Mischstelle, an der der erste Teilstrom mit dem  
30 zweiten Teilstrom gemischt wird, wobei nach der Mischung sich eine gewünschte Vorwärmtemperatur des dem Kessel zuzuführenden Kesselspeisewassers von selbst einstellt.

Bevorzugt weist die Vorwärmeinrichtung mindestens einen Wärmetauscher, insbesondere einen Hochdruck-Vorwärmer auf. Es  
35 können auch mehrere Wärmetauscher hintereinander geschaltet sein und dadurch eine mehrstufige Erwärmung des ersten Teil-

stroms von Kondensat ermöglichen. Bei Ausgestaltung des Wärmetauschers als ein Hochdruck-Vorwärmer einer Dampfkraftanlage ist der Vorwärmer mit Kondensat mit einem Druck von etwa 300 bar beaufschlagt und einer Hochdruck-Stufe der Turbine zugeordnet. Die Turbine kann aber auch, wie üblicherweise in Dampfkraftanlagen vorgesehen, eine Hochdruck-Teilturbine und/oder eine Mitteldruck-Teilturbine und/oder eine Niederdruck-Teilturbine aufweisen.

Das Anlagenkonzept der Erfindung kann demzufolge sehr flexibel auf unterschiedliche Dampfkraftanlagen angewendet werden, die eine Kombination unterschiedlicher Turbinentypen (Hochdruck-, Mitteldruck-, Niederdruckturbinen) mit entsprechenden Vorwärmeinrichtungen umfassen.

Bevorzugt ist parallel zu der Vorwärmeinrichtung eine über eine Schnellschlussarmatur aktivierbare Umführungsleitung geschaltet. Diese Umführungsleitung ist im Schnellschlussfall, beispielsweise in einer Notsituation bei Gefahr der Überflutung oder Überhitzung der Vorwärmeinrichtung, zur totalen Umführung der Vorwärmeinrichtung mit Kondensat vorgesehen. Im Schnellschlussfall ist über die Schnellschlussarmatur die Umführungsleitung aktivierbar, d.h. freischaltbar, wobei zugleich der Strom an Kondensat in der Kondensatleitung zu der Vorwärmeinrichtung unterbrochen wird. Die Schnellschlussarmatur ist hierzu beispielsweise als Dreiwege-Armatur ausgestaltet, die zumindest den ersten Teilstrom an Kondensat nach der Aktivierung über die Umführungsleitung führt, so dass keine Vorwärmung von Kondensat in der Vorwärmeinrichtung mehr stattfindet. Im Normalfall ist die Umführungsleitung nicht aktiviert, so dass der erste Teilstrom über die Kondensatleitung der Vorwärmeinrichtung zugestellt wird. Vorteilhafterweise ist mit der über die Schnellschlussarmatur aktivierbaren Umführungsleitung eine erhöhte Betriebssicherheit der Dampfkraftanlage, insbesondere in Kombination mit der Bypassleitung gemäß der Erfindung gegeben.

Weitere Vorteile der Dampfkraftanlage ergeben sich in analoger Weise zu den Vorteilen des oben beschriebenen Betriebsverfahrens der Dampfkraftanlage.

- 5 Anhand eines Ausführungsbeispiels und einer schematischen Zeichnung wird das erfindungsgemäße Verfahren und eine Dampfkraftanlage zur Durchführung des Verfahrens beschrieben. Darin zeigt die einzige Figur in vereinfachter Darstellung eine Dampfkraftanlage. Die in der Figur dargestellte Dampfkraftanlage 1, die Teil einer Kraftwerksanlage ist, weist eine Dampfturbine 5 sowie einen Kessel 3 zur Erzeugung von Dampf D auf. Der Turbine 5 ist abdampfseitig ein Kondensator 7 über eine Abdampfleitung 51 nachgeschaltet. Zur Rückführung von Kondensat K zum Kessel 3 weist die Dampfkraftanlage 1 eine Kondensatleitung 13 auf, die mit dem Kondensator 7 ausgangsseitig verbunden ist. In die Kondensatleitung 13 ist in Strömungsrichtung des Kondensats aufeinanderfolgend eine erste Pumpe 41, ein Speisewasserbehälter 45 und eine zweite Pumpe 43 geschaltet. Weiterhin ist in die Kondensatleitung 13 eine Vorwärmeinrichtung 15 zum Vorwärmen von Kondensat K geschaltet. Die Vorwärmeinrichtung 15 ist hierbei in Strömungsrichtung des Kondensats K dem Kessel 3 vorgeordnet. Die Vorwärmeinrichtung umfasst eine erste Vorwärmstufe 9A sowie eine der ersten Vorwärmstufe nachgeschaltete zweite Vorwärmstufe 9B. Die Vorwärmstufen 9A, 9B sind hierbei als jeweilige Wärmetauscher 23A, 23B ausgestaltet. Der Kessel 3 weist einen fossil befeuerten Dampferzeuger 11 auf, welcher eine Brennstoffzufuhr 53 zur Zufuhr eines fossilen Brennstoffs 29, beispielsweise Kohle oder Öl, umfasst. Eine Anzapfleitung 19A führt von einer Stufe der Dampfturbine 5 zu dem Wärmetauscher 23B. Eine Anzapfleitung 19B führt von einer weiteren Stufe der Turbine 5 zu dem Wärmetauscher 23A. Über die Anzapfleitungen 19A, 19B ist eine jeweilige Menge von Anzapfdampf  $A_1$ ,  $A_2$  der Vorwärmeinrichtung 15, respektive den Wärmetauschern 23A, 23B zur Vorwärmung von Kondensat K zuführbar.

Eine Bypassleitung 17 umführt die Vorwärmeinrichtung 15, wobei die Bypassleitung an einer Trennstelle 47 von der Kondensatleitung 13 abzweigt, die Vorwärmeinrichtung 15 umführt und stromabwärts der Vorwärmeinrichtung 15 an einer Mischstelle 5 48 wieder in die Kondensatleitung 13 einmündet. In die Bypassleitung 17 ist ein Regelventil 21 zur Regelung eines die Vorwärmeinrichtung 15 umführenden Teilstroms  $K_2$ , im Folgenden als zweiter Teilstrom  $K_2$  bezeichnet, vorgesehen. Das Regelventil 21 weist einen Stellmotor 33 auf, über den die gewünschte Ventilstellung des Regelventils 21 und damit der 10 erste Teilstrom  $K_1$  einstellbar ist. An der Trennstelle 47 ist hierdurch das über die zweite Pumpe 43 aus dem Speisewasserbehälter 45 geförderte Kondensat K in einen ersten Teilstrom  $K_1$  und einen zweiten Teilstrom  $K_2$  aufteilbar, wobei der erste 15 Teilstrom  $K_1$  über die Kondensatleitung 13 der Vorwärmeinrichtung 15 zugestellt wird und der zweite Teilstrom  $K_2$  die Vorwärmeinrichtung 15 über die Bypassleitung 17 umführt, so dass die Vorwärmeinrichtung 15 lediglich mit dem ersten Teilstrom  $K_1$  des Kondensats K beaufschlagt ist.

20

In Strömungsrichtung des Kondensats K ist nach der Trennstelle 47 in der Kondensatleitung 13 ein über einen Stellmotor 33 einstellbares Schiebeventil 37 geschaltet, welches im normalen Betriebszustand offen ist. Parallel zu dem Schiebeventil 25 37 ist eine von der Bypassleitung 17 zu der Kondensatleitung 13 geschaltete Zweigleitung 55 geschaltet, die ein Schwachlast-Regelventil 35 mit einem Stellelement 35A aufweist. Das Regelventil 35 ist im Normalbetrieb geschlossen, so dass kein Kondensat K über die Zweigleitung 55 gelangt. Das Schwach- 30 last-Regelventil 35 ist lediglich für den Schwachlastfall vorgesehen, wobei dann das Schiebeventil 37 geschlossen ist und über das Stellelement 35A des Regelventils 35 eine entsprechend der Lastanforderung geringe Menge an Kondensat K über die Zweigleitung 55 zu der Vorwärmeinrichtung 15 ge- 35 langt.

Weiter ist der Vorwärmeinrichtung 15 eine über eine Schnellschlussarmatur 25 aktivierbare Umführungsleitung 27 parallel geschaltet. Eine jeweilige Schnellschlussarmatur 25 ist hierbei stromaufwärts und stromabwärts der Vorwärmeinrichtung 15 an die Kondensatleitung 13 angeschlossen. Die Schnellschlussarmatur 25 ist über einen Aktuator 31 zwischen zwei Einstellungen in kurzer Zeit schaltbar. Die Armatur 25 ist hierzu als Dreiwege-Armatur ausgestaltet, wobei im normalen Betriebszustand die Umführungsleitung 27 geschlossen, d.h. nicht aktiviert ist. Kondensat K strömt dabei in einem ersten Teilstrom  $K_1$  durch die Vorwärmeinrichtung 15 und in einem zweiten Teilstrom  $K_2$  über die Bypassleitung 17. In einem Schnellschlussfall wird die Schnellschlussarmatur 25 über den Aktuator 31 aktiviert, wobei die Umführungsleitung 27 freigeschaltet und der Kondensatstrom über die Kondensatleitung 13 durch die Vorwärmeinrichtung 15 unterbrochen wird. Im Schnellschlussfall wird demnach die Vorwärmeinrichtung 15 total umführt, d.h. kein Kondensat K der Vorwärmeinrichtung 15 zugestellt und damit vorgewärmt. Die aktivierbare Umführungsleitung 27 dient zur Umführung und damit Absicherung der Vorwärmeinrichtung 15, insbesondere der Heizflächen der Wärmetauscher 23A, 23B.

Beim Betrieb der Dampfkraftanlage 1 wird im Kessel 3 erzeugter Nutzdampf D über die Dampfleitung 49 der Turbine 5 zugeführt, wo er sich arbeitsleistend entspannt. Die Turbine 5 ist hierbei vereinfacht dargestellt, kann aber aus mehreren nicht näher dargestellten Teilturbinen, beispielsweise einer Hochdruck-Teilturbine, einer Mitteldruck-Teilturbine und einer Niederdruck-Teilturbine bestehen. Der auf niedrigen Druck entspannte Dampf D wird über die Abdampfleitung 51 dem Kondensator 7 zugeführt und kondensiert dort zu Kondensat K. Das Kondensat K wird über die Kondensatleitung 13 mittels der ersten Pumpe 41 in den Speisewasserbehälter 45 befördert und dort gesammelt. Aus dem Speisewasserbehälter 45 wird dem Kessel 3 mittels der zweiten Pumpe 43 über die Vorwärmeinrichtung 15 vorgewärmtes Kondensat K als Kesselspeisewasser S zu-

geführt, so dass ein geschlossener Wasser-Dampf-Kreislauf entsteht. Die in der Turbine 5 gewonnene Nutzarbeit wird über die rotierende Welle 57 an einen an die Welle 57 angekoppelten Generator 39 übertragen und in elektrische Energie umgewandelt.

Zur bedarfsweisen Leistungserhöhung der Turbine 5 wird zur Kondensatvorwärmung das Kondensat K in einen ersten Teilstrom  $K_1$  und einen zweiten Teilstrom  $K_2$  aufgeteilt, wobei lediglich der erste Teilstrom  $K_1$  vorgewärmt, und der zweite Teilstrom  $K_2$  dem vorgewärmten ersten Teilstrom  $K_1$  wieder zugemischt wird. Die Aufteilung des Kondensats K in den ersten Teilstrom  $K_1$  und den zweiten Teilstrom  $K_2$  erfolgt dabei an der Trennstelle 47, wobei der zweite Teilstrom  $K_2$  die Vorwärmanrichtung 15 über die Bypassleitung 17 umführt. Der erste Teilstrom  $K_1$  wird mittels Anzapfdampf  $A_1$ ,  $A_2$  aus der Turbine 5 vorgewärmt. Die Vorwärmung des ersten Teilstroms  $K_1$  erfolgt in zwei Stufen 9A, 9B, wobei der erste Teilstrom  $K_1$  auf eine Temperatur von etwa 280 °C bei einem Druck von 300 bar vorgewärmt wird. An der Mischstelle 48 wird der erste Teilstrom  $K_1$  mit dem zweiten Teilstrom  $K_2$  vermischt, wobei sich eine Mischungstemperatur von 210 °C bis 250 °C, insbesondere von 220 °C bis 240 °C einstellt. Die Aufteilung der Teilströme  $K_1$ ,  $K_2$  erfolgt beispielsweise derart, dass der erste Teilstrom  $K_1$  etwa 40 % des gesamten Kondensatstroms und der zweite Teilstrom  $K_2$  entsprechend etwa 60 % des gesamten Kondensatstroms vor der Trennstelle 47 ausmacht. Die Aufteilung der Teilströme  $K_1$ ,  $K_2$  erfolgt dabei gesteuert oder geregelt über das Regel- oder Dosierventil 21, welches mittels des Stellmotors 33 in der Ventilposition genau einstellbar ist. Auf diese Weise erfolgt eine dosierte Umführung der Vorwärmanrichtung 15 über die Bypassleitung 17, wobei ein entsprechend geringerer Bedarf an Anzapfdampf  $A_1$ ,  $A_2$  zur Vorwärmung des ersten Teilstroms  $K_1$  in der Vorwärmanrichtung 15 zu verzeichnen ist. Durch die gegenüber herkömmlichen Anlagenkonzepten geringere Entnahme von Anzapfdampf  $A_1$ ,  $A_2$  durch die gezielte und dosierte Umführung der Vorwärmanrichtung 15 steht ein entspre-

chend größerer Massenstrom an Dampf D zur Arbeitsleitung in der Turbine 5 zur Verfügung. Durch die Aufteilung in zwei Teilströme  $K_1$ ,  $K_2$  wird somit die Möglichkeit einer bedarfsweisen Leistungserhöhung bis zur Kesselreserve (nicht Sekundenreserve) der Dampfkraftanlage 1 erreicht, ohne den Frischdampfdruck über den Auslegungswert anheben zu müssen. Überdies ist die Temperatur  $T_s$  des dem Kessel 3 zugeführten Kesselspeisewassers S über die Mischung des ersten Teilstroms  $K_1$  und des zweiten Teilstroms  $K_2$  an der Mischstelle 48 genau einstellbar und erforderlichenfalls variierbar, wobei beispielsweise eine Kesselspeisewassertemperatur  $T_s$  von 210 °C bis 250 °C bei einem Druck von 300 bar im Bedarfsfall vorgesehen wird. Die Entnahme von Anzapfdampf  $A_1$ ,  $A_2$  aus der Turbine 5 erfolgt dabei vorteilhafterweise selbstregulierend, durch die Kopplung des ersten Teilstroms  $K_1$  mit dem Anzapfdampf  $A_1$ ,  $A_2$  über die Wärmetauscher 23A, 23B. Je größer der erste Teilstrom  $K_1$  eingestellt wird, desto größer ist die Entnahme von Anzapfdampf  $A_1$ ,  $A_2$  zur Vorwärmung, um eine gewünschte Temperatur des ersten Teilstroms  $K_1$  nach durchströmen der Vorwärmeinrichtung 15 zu erreichen. Üblicherweise ist im thermischen Gleichgewicht die Temperatur des ersten Teilstroms  $K_1$  nach Durchlaufen der Wärmetauscher 23A, 23B etwa gleich der Temperatur des Anzapfdampfes  $A_1$ ,  $A_2$ , also beispielsweise etwa 280 °C bei einem Druck von 300 bar. Nach der Zumischung des nicht vorgewärmten zweiten Teilstroms  $K_2$  zu dem ersten Teilstrom  $K_1$  an der Mischstelle 48 stellt sich entsprechend der Teilungsverhältnisse der Teilströme  $K_1$ ,  $K_2$  und der Temperaturniveaus die Mischungstemperatur automatisch ein. Diese Mischungstemperatur ist zugleich die Vorwärmtemperatur  $T_s$  des Kesselspeisewassers S. Die Vorwärmtemperatur  $T_s$  ist gegenüber den herkömmlichen Dampfkraftanlagen entsprechend verringert, wobei allerdings eine Leistungserhöhung der Turbine 5 durch den geringeren Wärmeverbrauch zur Vorwärmung des Kondensats K erreicht ist. Dabei stellt sich insbesondere ein deutlich effizienterer Wärmeverbrauch ein als bei einer üblicherweise zur Leistungserhöhung durchgeführten Totalumführung der Vorwärmeinrichtung 15. Mit dem Konzept der Erfin-



dung wird es möglich, durch eine Teildurchströmung der Vorwärmeinrichtung 15 eine Leistungserhöhung der Turbine herbeizuführen, ohne dass die Lebensdauer der Komponenten der Vorwärmeinrichtung 15, beispielsweise die Heizflächen der Wärmetauscher 23A, 23B, eingeschränkt wird.

5

15. März 2001

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage (1), wobei in einem Kessel (3) erzeugter Dampf (D) nach dem Durchströmen  
5 wenigstens einer Turbine (5) in einem Kondensator (7) niedergeschlagen wird, das gewonnene Kondensat (K) vorgewärmt und dem Kessel (3) als Kessel-Speisewasser (S) wieder zugeführt wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zur Kondensatvorwärmung das Kondensat (K) in einen ersten Teil-  
10 strom ( $K_1$ ) und einen zweiten Teilstrom ( $K_2$ ) aufgeteilt, lediglich der erste Teilstrom ( $K_1$ ) vorgewärmt, und der zweite Teilstrom ( $K_2$ ) dem vorgewärmten ersten Teilstroms ( $K_1$ ) wieder zugemischt wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der erste Teilstrom ( $K_1$ ) mit Anzapfdampf ( $A_1, A_2$ ) aus der Turbine (5) vorgewärmt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der erste Teilstrom ( $K_1$ ) in mindestens zwei Stufen (9A, 9B) vorgewärmt wird.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass bei der Mischung der Teilströme ( $K_1, K_2$ ) eine Vorwärmtemperatur ( $T_s$ ) des Kessel-Speisewassers (S) von 210°C bis 250°C, insbesondere von 220°C bis 240°C, eingestellt wird.
- 30 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der erste Teilstrom ( $K_1$ ) und der zweite Teilstrom ( $K_2$ ) im Verhältnis 0,4 bis 0,8, insbesondere im Verhältnis 0,6 bis 0,7, auf-  
35 teilt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Auf-  
teilung der Teilströme ( $K_1, K_2$ ) gesteuert oder geregelt durch-  
geführt wird.

5

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass nach der  
Mischung der Teilströme ( $K_1, K_2$ ) das Gemisch als Kessel-  
Speisewasser (S) einem fossilbefeuerten Dampferzeuger zuge-  
führt wird.

10

8. Dampfkraftanlage (1) zur Durchführung des Verfahrens nach  
einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend einen Kessel  
(3) zur Erzeugung von Dampf (D), wenigstens eine Turbine (5),  
einen der Turbine (5) abdampfseitig nachgeschalteten Konden-  
sator (7), eine Kondensatleitung (13) zur Rückführung des  
Kondensats (K) zum Kessel (3) und eine in die Kondensatlei-  
tung (13) geschaltete Vorwärmeinrichtung (15) zum Vorwärmen  
von Kondensat (K)

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
eine die Vorwärmeinrichtung (15) umführende Bypassleitung  
(17) vorgesehen ist, so daß die Vorwärmeinrichtung (15) le-  
diglich mit einem ersten Teilstrom ( $K_1$ ) des Kondensats (K)  
beaufschlagbar ist.

20

25

9. Dampfkraftanlage nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Vor-  
wärmeinrichtung (15) über eine Anzapfleitung (19A, 19B) mit  
der Turbine (5) verbunden ist.

30

10. Dampfkraftanlage nach Anspruch 8 oder 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die By-  
passleitung (17) ein Regelventil (21) zur Regelung eines die  
Vorwärmeinrichtung (15) umführenden zweiten Teilstroms ( $K_2$ )  
des Kondensats (K) aufweist.

35

11. Dampfkraftanlage nach Anspruch 8, 9 oder 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß die By-  
passleitung (17) stromab der Vorwärmeinrichtung (15) in die  
Kondensatleitung (13) mündet.

5

12. Dampfkraftanlage (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Vor-  
wärmeinrichtung (15) mindestens einen Wärmetauscher  
(23A,23B), insbesondere einen Hochdruck-Vorwärmer, aufweist.

10

13. Dampfkraftanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Vor-  
wärmeinrichtung (15) eine über eine Schnellschlussarmatur  
(25) aktivierbare Umführungsleitung (27) parallel geschaltet

15

ist.

## Zusammenfassung

Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage sowie Dampfkraftanlage

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage (1), wobei in einem Kessel (3) erzeugter Dampf (D) nach dem Durchströmen wenigstens einer Turbine (5) in einem Kondensator (7) niedergeschlagen wird, das gewonnene Kondensat (K) vorgewärmt und dem Kessel (3) als Kesselspeisewasser (S) wieder zugeführt wird. Zur Kondensatvorwärmung wird - das Kondensat (K) in einen ersten Teilstrom ( $K_1$ ) und einen zweiten Teilstrom ( $K_2$ ) aufgeteilt. Es wird lediglich der erste Teilstrom ( $K_1$ ) vorgewärmt und der zweite Teilstrom ( $K_2$ )

10

15

dem vorgewärmten ersten Teilstrom ( $K_1$ ) wieder zugemischt. Hierdurch ist eine bedarfsweise Leistungserhöhung der Turbine (5) bis zur Kesselreserve der Dampfkraftanlage (1) möglich.

FIG 1

